

Docket No.: 60188-771

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Keigo SHINGU, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: February 09, 2004	:	Examiner: Unknown
	:	
For:		FUNCTION GENERATOR AND TEMPERATURE COMPENSATED CRYSTAL OSCILLATOR

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENTS**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

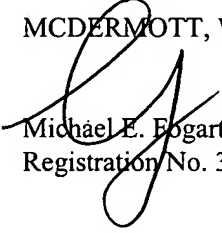
Japanese Patent Application No. 2003-041121, filed February 19, 2003

Japanese Patent Application No. 2003-408424, filed December 8, 2003

cited in the Declaration of the present application. Certified copies are submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: February 9, 2004



60188-771
SHINGU et al.
February 9, 2004

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 1 1 2 1
Application Number:

[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 4 1 1 2 1]

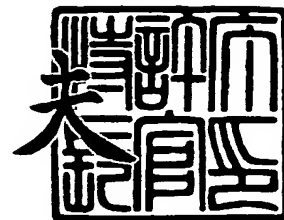
出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 2 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 5 5 7 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 2924040104

【提出日】 平成15年 2月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06G 7/20
H03B 5/32

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 新宮 圭悟

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 上西 栄一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 竹内 久人

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 関数発生回路及び発振器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

第 1 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 1 個数のベース・エミッタ間に第 1 温度特性の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に第 2 温度特性の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成するトランジスタと、

前記トランジスタの前記コレクタ電流を第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を第二の温度係数を有した抵抗に印加して、前記第二の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えた関数発生回路。

【請求項 2】 前記第 1 個数が 1 であって、前記第 2 個数が 2 であることを特徴とする請求項 1 記載の関数発生回路。

【請求項 3】 前記第 1 温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であって、前記第 2 温度特性の電流が、温度の変動に応じて異なることを特徴とする請求項 1 記載の関数発生回路。

【請求項 4】 前記第 2 温度特性電流が、温度の変動に応じて線形変動することを特徴とする請求項 3 記載の関数発生回路。

【請求項 5】 前記第 2 温度特性電流が、2 次以上のべき乗関数電流であることを特徴とする関数発生回路。

【請求項 6】 前記第一の温度係数が 1 次温度係数で支配され、前記第二の温度係数が温度変動に対して略一定値であることを特徴とする請求項 1 記載の関数発生回路。

【請求項 7】 周囲温度と基準温度との差の 3 乗に比例した電流を発生するた

めの関数発生回路であって、

1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に、温度に対して略一定値の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に、温度に対して線形変動する電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記 1 個のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記 2 個のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間を与えてコレクタ電流を生成するトランジスタと、

前記トランジスタの前記コレクタ電流を温度に対して線形の第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を温度に対して略ゼロの第二の温度係数を有した抵抗に印加して、前記第 2 の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えた関数発生回路。

【請求項 8】 周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

第 1 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 1 個数のベース・エミッタ間に第 1 温度特性の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に第 2 温度特性の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間を与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、

第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間を与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタとを備え、

前記第 2 トランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力電流としたことを特徴とする関数発生回路。

【請求項 9】 前記第 1 温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であって、前記第 2 温度特性の電流が、温度の変動に応じて異なることを特徴とする請求項 8 記載の関数発生回路。

【請求項 10】 前記第 2 温度特性電流が、温度の変動に応じて線形変動することを特徴とする請求項 8 記載の関数発生回路。

【請求項 11】 周囲温度と基準温度との差の 4 乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に、温度に対して略一定値の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に、温度に対して線形変動する電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記 1 個のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記 2 個のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタとを備え、

前記第 2 トランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力電流としたことを特徴とする関数発生回路。

【請求項 12】 周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

第 1 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 1 個数のベース・エミッタ間に第 1 温度特性の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に第 2 温度特性の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電

圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、

第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタと、

前記第 2 のトランジスタの前記コレクタ電流を第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を第二の温度係数を有した抵抗に印加して、前記第 2 の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えた関数発生回路。

【請求項 13】 前記第 1 個数が 1 であって、前記第 2 個数が 2 であることを特徴とする請求項 12 記載の関数発生回路。

【請求項 14】 前記第 1 温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であって、前記第 2 温度特性の電流が、温度の変動に応じて異なることを特徴とする請求項 12 記載の関数発生回路。

【請求項 15】 前記第 2 温度特性電流が、温度の変動に応じて線形変動することを特徴とする請求項 12 記載の関数発生回路。

【請求項 16】 前記第一の温度係数が 1 次温度係数で支配されたことを特徴とする請求項 12 記載の関数発生回路。

【請求項 17】 周囲温度と基準温度との差の 5 乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に温度の変動に対して略一定値の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に温度の変動に応じて線形変動する電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミ

ッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第1のトランジスタと、

2個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記2個のベース・エミッタ間に前記第1のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第3電圧生成回路と、

前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第3電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第2のトランジスタと、

前記第2のトランジスタの前記コレクタ電流を1次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えた関数発生回路。

【請求項18】 周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

第1個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第1個数のベース・エミッタ間に第1温度特性の電流が印加された第1電圧生成回路と、

第2個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第2個数のベース・エミッタ間に第2温度特性の電流が印加された第2電圧生成回路と、

前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第2電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成するトランジスタと、

前記トランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力とする出力端子とを備え、

前記第1温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であって、前記第2温度特性電流が、2次以上のべき乗関数を備えた電流であることを特徴とする関数発生回路。

【請求項19】 前記第1個数が1であって、前記第2個数が2であることを特徴とする請求項18記載の関数発生回路。

【請求項20】 周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した信号に応じて異なる発振周波数の信号を出力する発振器であって、

温度変動のべき乗に応じて共振周波数の異なる振動子と、
前記振動子を備えて該振動子の共振周波数に応じて発振する発振器と、
外部から与えられる信号に応じて前記発振器の発振周波数を異ならせる発振制御手段と、

温度の変動に対して略一定値の電流を出力端子に生成する固定電流源と、
温度の変動に応じて線形変動する電流を出力端子に生成する線形変動電流源と、

1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に前記固定電流源の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記線形変動電流源の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、

前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力する 2 乗電流出力端子と、

前記 2 乗電流出力端子の電流に応じた電流を 1 次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流を出力する電流変換回路と、

前記電流変換回路の出力電流に応じた電流を出力する 3 乗電流出力端子と、

前記固定電流源出力電流に応じた電圧及び、前記線形変動電流源、前記 3 乗電流出力端子の電流を加算する加算手段とを備え、

該加算手段の電流を前記制御手段に印加したことを特徴とする発振器。

【請求項 21】 周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した信号に応じて異なる発振周波数の信号を出力する発振器であって、

温度変動のべき乗に応じて共振周波数の異なる振動子と、
前記振動子を備えて該振動子の共振周波数に応じて発振する発振器と、
外部から与えられる信号に応じて前記発振器の発振周波数を異ならせる発振制御手段と、

温度の変動に対して略一定値の電流を出力端子に生成する固定電流源と、
温度の変動に応じて線形変動する電流を出力端子に生成する線形変動電流源と

、
1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に前記固定電流源の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記線形変動電流源の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、

前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力する 2 乗電流出力端子と、

2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記 2 乗電流出力端子の電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、

前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタと、

前記第 2 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力する 4 乗電流出力端子と、

前記 2 乗電流出力端子の電流に応じた電流を 1 次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流を出力する第 1 電流変換回路と、

前記第 1 電流変換回路の出力電流に応じた電流を出力する 3 乗電流出力端子と

、
前記 4 乗電流出力端子の電流に応じた電流を 1 次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流を出力する第 2 電流変換回路と、

前記第 2 電流変換回路の出力電流に応じた電流を出力する 5 乗電流出力端子と

前記固定電流源、前記線形変動電流源または前記 2 乗、3 乗、4 乗、5 乗電流出力端子の電流を選択して加算する加算手段とを備え、

該加算手段の電流を前記制御手段に印加したことを特徴とする発振器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水晶発振周波数の温度補償に適した関数発生回路とこの関数発生回路を用いた発振器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、電子機器では機器の小型化・軽量化が求められ、更に高信頼性、高精度であることを望まれている。このような背景の中、数々の電子機器でクロック信号の生成等に水晶振動子が多く用いられている。水晶振動子を用いた水晶発振回路の発振周波数は、特に周囲温度の変化に対して発振周波数が高安定であることを要求されている。このような水晶振動子の中で最も多く利用されているものに、厚み滑り振動子がある。

【0003】

厚み滑り振動子を用いた水晶発振回路の発振周波数は、温度補償がなければ、周囲温度 T_a の変化に対して概略 3 次関数で表わされた大きな変化を示すことが知られている。例えば、基準周波数 f_0 （基準温度 T_0 ：基準温度）に対する発振周波数 f （周囲温度 T_a ）の比率は、 -30°C から $+80^{\circ}\text{C}$ までの周囲温度 T_a の範囲で数十 ppm の変動を示す。また、基準周波数 f_0 にもばらつきがある。このような発振周波数の変動やばらつきは、高精度の電子機器では重大な問題となる。したがって、発振周波数のより安定な水晶発振回路が望まれている。例えば、周波数比率 f/f_0 の変動が 2.5 ppm 以内であり、かつ基準周波数 f_0 のばらつきが 0.3 ppm 以内であることが要求される。

【0004】

そこで、高精度の電子機器では水晶発振周波数の温度補償が行われるのが通例

である。例えば、水晶振動子に可変容量ダイオード（バリキャップ・ダイオード）を直列接続し、周囲温度 T_a に応じた補償電圧を可変容量ダイオードに与える。発振周波数 f を周囲温度 T_a によらず一定にするための補償電圧 V_{in} は、概略

$$V_{in} = -A (T_a - T_0)^3 + B (T_a - T_0) + C \quad \cdots (1)$$

で与えられる。ここに、 A 、 B 、 C はいずれも 0 でない定数である。つまり、式 (1) の補償電圧 V_{in} は、周囲温度 T_a と基準温度 T_0 との差の 3 次関数で表わされる。この 3 次関数に対応した 3 次曲線は、 $T_a = T_0$ の位置に変曲点を有する点対称の曲線である。

【0005】

尚、さらに、温度補償に対する要求精度が高いものについては、4 次、5 次といった高い次数での制御技術が開示されている（特許文献 1 参照）。

【0006】

従来技術によれば、各温度毎の離散的な補償電圧データをプログラマブル ROM に格納しておき、温度センサで検出された周囲温度 T_a に応じたデータをプログラマブル ROM から読み出し、該読み出したデータを D/A 変換器でアナログ信号に変換し、該アナログ信号に応じた補償電圧 V_{in} を可変容量ダイオードに与えるようにしていた。

【0007】

図 15 及び図 16 は、従来の関数発生回路を示す図である（特許文献 2 参照）。

【0008】

図 15 において、各々 2 個のダイオードの列 61、63 と、各々 3 個のダイオードの列 62、64 と、定電流をダイオード列 61 に流入させる電流源 6 と、定電流をダイオード列 63 から流出させる電流源 16 とを備える。

【0009】

ここで、周囲温度 $T_a \geq$ 基準温度 T_0 の場合には $T_a - T_0$ に比例した電流をダイオード列 62 に流入させ、 $T_a < T_0$ の場合には $|T_a - T_0|$ に比例した電流をダイオード列 64 から流出させている。さらに、各々出力端子 19 に接続されたコレクタを有する NPN 及び PNP トランジスタ 8、108 とを備え、ダ

イオード列 61, 62 のアノード端子間の電圧を NPN トランジスタ 8 のベース・エミッタ間に与え、ダイオード列 63, 64 のカソード端子間の電圧を PNP トランジスタ 108 のベース・エミッタ間に与えている。

【0010】

この構成によって、周囲温度 T_a と基準温度 T_0 との差の 3 乗に比例した電流を発生している。

【0011】

図 16 は、3 次関数発生回路 330 と 0 次関数発生回路 310 及び 1 次関数発生回路 320 の出力信号電圧を合成して可変容量ダイオード 340 に与え、水晶発振回路 400 の発振周波数を温度に応じて可変する構成を示したものである。

【0012】

この構成を備えることで、温度に対する発振周波数の変動を抑制している。

【0013】

【特許文献 1】

特開 2003-8386 号公報

【特許文献 2】

特開平 09-153404 号公報

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

水晶発振器の高精度の温度補償において、高い温度補償制度を実現するためには 3 次よりもさらに高い次数での温度補償が必要とされている。しかし、ダイオードを用いた上記従来技術において、3 次の関数発生回路を構成する為には、ダイオードを 3 個駆動する電圧が必要であり、4 次の関数発生回路を駆動するには 4 個、5 次の場合には 5 個のダイオードを駆動する電圧が必要であった。このため、高い次数の回路を駆動するためには、より高い電圧が必要であった。

【0015】

しかし、携帯電話機を代表とする携帯機器の消費電力を削減するためには、低電圧で動作する関数発生回路および発振器が必要であった。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の関数発生回路は、周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、第1個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第1個数のベース・エミッタ間に第1温度特性の電流が印加された第1電圧生成回路と、第2個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第2個数のベース・エミッタ間に第2温度特性の電流が印加された第2電圧生成回路と、前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第2電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成するトランジスタと、前記トランジスタの前記コレクタ電流を第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を第二の温度係数を有した抵抗に印加して、前記第二の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えたものである。

【0017】

本発明によれば、第1電圧生成回路の第1個数のベース・エミッタ間電圧と第2電圧生成回路の第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流に変換して、第1温度特性の電流と第2温度特性の電流との温度に対する変動の違いを第2個数に応じた次元に変換する。

【0018】

さらに、このコレクタ電流を第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を第二の温度係数を有した抵抗に印加して、第二の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力することで、抵抗の温度係数に応じた次元の電流を生成する。

【0019】

ここで、第1個数が1であって、第2個数が2であるとき、第1温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であると、第2温度特性の電流の2乗に比例した電流を出力することができる。

【0020】

特に、第2温度特性電流が、温度の変動に応じて線形変動するときには、温度

の変動に対して 2 乗の特性の電流をトランジスタのコレクタに出力することができる。

【0021】

また、第 2 温度特性電流が、2 次以上のべき乗関数電流であるとき、4 次以上の偶数べき乗関数電流をトランジスタのコレクタに出力することができる。

【0022】

そこで、第一の温度係数が 1 次温度係数で支配され、前記第二の温度係数が温度変動に対して略一定値であるとき、トランジスタコレクタ電流の次元の 1 つ上位となる次元の電流を出力することができる。

【0023】

即ち、周囲温度と基準温度との差の 3 乗に比例した電流を発生するための関数発生回路が、1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に、温度に対して略一定値の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に、温度に対して線形変動する電流が印加された第 2 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記 1 個のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記 2 個のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成するトランジスタと、前記トランジスタの前記コレクタ電流を温度に対して線形の第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を温度に対して略ゼロの第二の温度係数を有した抵抗に印加して、前記第 2 の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えることで実現される。

【0024】

また、上記目的を達成するために、本発明の関数発生回路は、さらに、周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、第 1 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 1 個数のベース・エミッタ間に第 1 温度特性の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に第 2 温度特性の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生

成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタとを備え、前記第 2 トランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力電流としたことを特徴とするものである。

【0025】

本発明によれば、第 1 電圧生成回路の第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と第 2 電圧生成回路の第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成し、この電流をさらに第 3 電圧生成回路の第 2 個数のベース・エミッタ間に与える。そこで、さらに、第 1 電圧生成回路の第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と第 3 電圧生成回路の第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成することで、第 1 温度特性の電流と第 2 温度特性の電流の差に対して 4 の倍数のべき乗に比例した電流を第 2 トランジスタのコレクタに出力することができる。

【0026】

ここで、第 1 温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であって、前記第 2 温度特性の電流が、温度の変動に応じて異なるとき、第 2 温度特性の電流に対して 4 の倍数のべき乗に比例した電流を第 2 トランジスタのコレクタに出力することができる。

【0027】

特に、第 2 温度特性電流が、温度の変動に応じて線形変動するとき、温度の変動の 4 乗に比例した電流を第 2 トランジスタのコレクタに出力することができる。

【0028】

即ち、周囲温度と基準温度との差の 4 乗に比例した電流が、1 個のベース・エ

ミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に、温度に対して略一定値の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に、温度に対して線形変動する電流が印加された第 2 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記 1 個のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記 2 個のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタとを備え、前記第 2 トランジスタのコレクタ電流に応じた電流として出力する関数発生回路を実現することができる。

【0029】

さらに、上記目的を達成するために、本発明の関数発生回路は、周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、第 1 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 1 個数のベース・エミッタ間に第 1 温度特性の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に第 2 温度特性の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、第 2 個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第 2 個数のベース・エミッタ間に前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタと、前記第 2 のトランジスタの前記コレクタ電流を第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を第二の温度係数

を有した抵抗に印加して、前記第2の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路とを備えたものである。

【0030】

本発明によれば、第1電圧生成回路の第1個数のベース・エミッタ間電圧と第2電圧生成回路の第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成し、この電流をさらに第3電圧生成回路の第2個数のベース・エミッタ間に与える。そこで、第1電圧生成回路の第1個数のベース・エミッタ間電圧と第3電圧生成回路の第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成すると、第1温度特性の電流と第2温度特性の電流の差に対して4の倍数のべき乗に比例した電流を第2トランジスタのコレクタに出力することができる。このコレクタ電流を第一の温度係数を有した抵抗に与えて発生した電圧を第二の温度係数を有した抵抗に印加して、第二の温度係数を有した抵抗を通過する電流に応じた電流を出力することで、抵抗の温度係数に応じた上位の次元の電流を生成することができる。

【0031】

ここで、第1個数が1であって、第2個数が2であるとき、第1温度特性の電流と第2温度特性電流の差の4乗に比例し、かつ、抵抗の温度係数に応じた上位の次元の電流を生成することができる。

【0032】

特に、第1温度特性の電流が、温度の変動に対して略一定値の電流であって、前記第2温度特性の電流が、温度の変動に応じて異なるとき、第2温度特性の電流に対して4の倍数のべき乗に比例した電流を第2トランジスタのコレクタに出力することができる。

【0033】

また、第2温度特性電流が、温度の変動に応じて線形変動するとき、温度の変動の4乗に比例した電流を第2トランジスタのコレクタに出力することができる。そこで、第一の温度係数が1次温度係数で支配されるとき、温度の変動に対して5乗に比例した電流を取り出すことができる。

【0034】

即ち、周囲温度と基準温度との差の5乗に比例した電流を発生するための関数発生回路が、1個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記1個のベース・エミッタ間に温度の変動に対して略一定値の電流が印加された第1電圧生成回路と、2個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記2個のベース・エミッタ間に温度の変動に応じて線形変動する電流が印加された第2電圧生成回路と、前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第2電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第1のトランジスタと、2個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記2個のベース・エミッタ間に前記第1のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流が印加された第3電圧生成回路と、前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第3電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第2のトランジスタと、前記第2のトランジスタの前記コレクタ電流を1次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流に応じた電流を出力する電流変換回路によって実現することができる。

【0035】

さらに、上記目的を達成するために、本発明の関数発生回路は、周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した電流を発生するための関数発生回路であって、

第1個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第1個数のベース・エミッタ間に第1温度特性の電流が印加された第1電圧生成回路と、第2個数のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記第2個数のベース・エミッタ間に第2温度特性の電流が印加された第2電圧生成回路と、前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第2電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成するトランジスタと、前記トランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力とする出力端子とを備え、前記第1温度特性の電流が、温度の変動に対

して略一定値の電流であって、前記第2温度特性電流が、2次以上のべき乗関数を備えた電流であることを特徴とするものである。

【0036】

本発明によれば、第1電圧生成回路の第1個数のベース・エミッタ間電圧と第2電圧生成回路の第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をトランジスタのベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する構成において、第2温度特性の電流が、2次以上のべき乗関数を備えているので、トランジスタのコレクタ電流は、第2個数に応じた電流が生成される。

【0037】

特に、第1個数が1であって、第2個数が2であるとき、トランジスタのコレクタには、2次以上のべき乗関数を2乗した電流が生成される。

【0038】

さらに、上記目的を達成するために、本発明の発振器は、周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した信号に応じて異なる発振周波数の信号を出力する発振器であって、温度変動のべき乗に応じて共振周波数の異なる振動子と、前記振動子を備えて該振動子の共振周波数に応じて発振する発振器と、外部から与えられる信号に応じて前記発振器の発振周波数を異ならせる発振制御手段と、温度の変動に対して略一定値の電流を出力端子に生成する固定電流源と、温度の変動に応じて線形変動する電流を出力端子に生成する線形変動電流源と、1個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記1個のベース・エミッタ間に前記固定電流源の電流が印加された第1電圧生成回路と、2個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記2個のベース・エミッタ間に前記線形変動電流源の電流が印加された第2電圧生成回路と、前記第1電圧生成回路の前記第1個数のベース・エミッタ間電圧と前記第2電圧生成回路の前記第2個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第1のトランジスタと、前記第1のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力する2乗電流出力端子と、前記2乗電流出力端子の電流に応じた電流を1次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流を出力する電流変換回路と、

前記電流変換回路の出力電流に応じた電流を出力する 3 乗電流出力端子と、前記固定電流源出力電流に応じた電圧及び、前記線形変動電流源、前記 3 乗電流出力端子の電流を加算する加算手段とを備え、該加算手段の電流を前記制御手段に印加したことを特徴とするものである。

【0039】

本発明によれば、0 次、1 次および 3 次の関数発生回路に応じた発振器を実現することができる。

【0040】

さらに、上記目的を達成するために、本発明の発振器は、周囲温度と基準温度との差のべき乗に比例した信号に応じて異なる発振周波数の信号を出力する発振器であって、温度変動のべき乗に応じて共振周波数の異なる振動子と、

前記振動子を備えて該振動子の共振周波数に応じて発振する発振器と、外部から与えられる信号に応じて前記発振器の発振周波数を異ならせる発振制御手段と、温度の変動に対して略一定値の電流を出力端子に生成する固定電流源と、温度の変動に応じて線形変動する電流を出力端子に生成する線形変動電流源と、1 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 1 個のベース・エミッタ間に前記固定電流源の電流が印加された第 1 電圧生成回路と、2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記線形変動電流源の電流が印加された第 2 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 2 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 1 のトランジスタと、前記第 1 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力する 2 乗電流出力端子と、2 個のベース・エミッタ間電圧・電流特性を有し、前記 2 個のベース・エミッタ間に前記 2 乗電流出力端子の電流に応じた電流が印加された第 3 電圧生成回路と、前記第 1 電圧生成回路の前記第 1 個数のベース・エミッタ間電圧と前記第 3 電圧生成回路の前記第 2 個数のベース・エミッタ間電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタと、前記第 2 のトランジスタのコレクタ電流に応じた電流を出力する 4 乗電流出力端子と、前記 2 乗電流出力端子の電流に応じた電流を 1 次温度係

数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流を出力する第1電流変換回路と、前記第1電流変換回路の出力電流に応じた電流を出力する3乗電流出力端子と、前記4乗電流出力端子の電流に応じた電流を1次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して略一定値である他の抵抗に印加して、前記他の抵抗を通過する電流を出力する第2電流変換回路と、前記第2電流変換回路の出力電流に応じた電流を出力する5乗電流出力端子と、前記固定電流源、前記線形変動電流源または前記2乗、3乗、4乗、5乗電流出力端子の電流を選択して加算する加算手段とを備え、該加算手段の電流を前記制御手段に印加したことを特徴とするものである。

【0041】

本発明によれば、0次、1次、2次、3次、4次、5次の関数発生回路の出力を選択して5次の関数で制御される発振器を実現することができる。

【0042】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る関数発生回路の具体例について、図面を参照しながら説明する。

【0043】

図1は、本発明の関数発生回路に係る3次関数発生回路の第1の実施形態を示した図である。

【0044】

図1の回路は、ダイオード3，4の直列接続回路からなるダイオード列12を備えている。ダイオード2及び3の各々のカソード端子の電圧は、それぞれ接地電位に固定されている。図1の回路は、周囲温度によらず一定の電流がダイオード2に流入するように該ダイオード2のアノード端子へ電流を排出するための電流源6と、周囲温度と基準温度との差に比例した電流がダイオード3，4で構成されたダイオード列12に流入するように該ダイオード列12のアノード端子へ電流を排出するための電流源7とを備えている。両電流源6，7には、電源電圧Vccが供給される。

【0045】

ここで、2次関数電流出力回路18を備えており、2次関数電流出力回路18は、NPNトランジスタ8と、演算増幅器5とで構成されている。NPNトランジスタ8のコレクタは電流ミラー回路1に、NPNトランジスタ8のベースはダイオード12のアノード端子にそれぞれ接続されている。演算増幅器5は、ダイオード2のアノード端子の電圧に等しい電圧をNPNトランジスタ8のエミッタに供給するように、電圧フォロアとして機能するものである。したがって、ダイオード列12のアノード端子の電圧とダイオード2のアノード端子の電圧との差電圧がNPNトランジスタ8のベース・エミッタ間に供給されるようになっている。

【0046】

図1の回路において、電流源6から排出される電流を I_0 とし、電流源7から排出される電流を I_T とし、ダイオード2のアノード端子の電圧を V_1 とし、ダイオード列12のアノード端子の電圧を V_2 とする。また、各ダイオード及びトランジスタの飽和電流を I_S とする。このとき、 N の値をダイオード2の個数（図1において1）として、

$$V_1 = N V_T \ln(I_0 / I_S) \quad \dots (2)$$

$$V_2 = (N+1) V_T \ln(I_T / I_S) \quad \dots (3)$$

$$V_T = k T_a / q \quad \dots (4)$$

である。ここに、 k はボルツマン定数、 q は電子の電荷量である。

【0047】

NPNトランジスタ8のコレクタ電流を I_2 とすると、

$$I_2 = I_S \cdot \exp \{ (V_2 - V_1) / V_T \} \quad \dots (5)$$

である。

【0048】

式(2)、(3)、(4)より、

$$I_2 = I_0 (I_T / I_0)^{N+1} \quad \dots (6)$$

が得られる。

【0049】

ここで、 $T_a > T_0$ ならば、

$$I_T = \{ (T_a - T_0) / T_0 \} I_0 \quad \dots (7)$$

が、成立し、 $T_a \leq T_0$ ならば、

$$I_T = 0 \quad \dots (8)$$

が各々成立するものとする。

【0050】

つまり、電流源 7 は、周囲温度 T_a が基準温度 T_0 に等しいか又は基準温度 T_0 よりも低い場合にはダイオード列 12 への電流の流入を遮断し、周囲温度 T_a が基準温度 T_0 よりも高い場合には周囲温度 T_a が高くなるにつれて増加する電流 ($T_a - T_0$ に比例した電流) I_T をダイオード列 12 に排出する。このとき、式 (6)、(7) より、 $T_a > T_0$ において、

$$I_2 = I_0 \{ (T_a - T_0) / T_0 \}^{N+1} \quad \dots (9)$$

が得られる。したがって、NPN トランジスタ 8 のコレクタに吸収される電流 I_2 は、 $T_a - T_0$ のべき乗に比例する。 $N = 1$ ならば、電流 I_2 は $T_a - T_0$ の 2 乗に比例する。

【0051】

また、図 1 の回路において、 $T_a \geq T_0$ ならば、

$$I_T = 0 \quad \dots (10)$$

が、 $T_a < T_0$ ならば、

$$I_T = \{ |T_a - T_0| / T_0 \} I_0 \quad \dots (11)$$

が各々成立するものとする、 $T_a < T_0$ において、

$$I_2 = I_0 \{ |T_a - T_0| / T_0 \}^{N+1} \quad \dots (12)$$

が得られる。

【0052】

以上のとおり、2 次関数電流出力回路 18 によれば、周囲温度 T_a と基準温度 T_0 との差の 2 乗に比例した電流をトランジスタ 8 の出力端子に吸収することができる。

【0053】

次に、トランジスタ 8 のコレクタが、トランジスタ 9 のコレクタ、ベースに接

続され、さらに、トランジスタ 10, 11 の各ベースに接続される。トランジスタ 10 のコレクタは、トランジスタ 13 のコレクタ、ベースに接続され、トランジスタ 14 のベースに接続される。トランジスタ 11, 14 のコレクタは共通接続され、また、出力端子 20 に接続される。

【0054】

ここで、トランジスタ 9, 10 の各エミッタと電源端子間には、第 1 の温度係数を備えた抵抗 55, 56 が挿入接続される。一方、トランジスタ 11 と電源端子間には第 2 の温度係数を備えた抵抗 57 が挿入接続される。また、トランジスタ 13, 14 のエミッタは、接地端子に接続される。

【0055】

このようにしてトランジスタ 8 のコレクタ電流の値に応じた電圧がトランジスタ 9 ~ 11 のベースに発生し、この電圧に応じた電流がトランジスタ 10, 11 のコレクタから流出する。トランジスタ 13 を介してトランジスタ 10 のコレクタ電流に応じた値の電流がトランジスタ 14 のコレクタに流入する。

【0056】

出力端子 20 には、トランジスタ 10 のコレクタ電流値とトランジスタ 11 のコレクタ電流値の差によって得られる電流が生成される。

【0057】

ここで、第 1 の温度係数の抵抗 55, 56 が備える抵抗値を R_T とし、第 2 の温度係数の抵抗 57 が備える抵抗値を R_S とする。また、第 1 の温度係数の一次係数を a とし、二次係数を b とし、第 2 の温度係数の一次係数を A とし、二次係数を B とすると、抵抗値 R_T 及び R_S は、基準温度 T_0 での値を共に R_0 として、

$$R_T = R_0 \{1 + a(T_a - T_0) + b(T_a - T_0)^2\} \quad \dots (13)$$

$$R_S = R_0 \{1 + A(T_a - T_0) + B(T_a - T_0)^2\} \quad \dots (14)$$

と表現することができる。

【0058】

ここで、このような抵抗を半導体装置によって形成すると、例えば、第 1 の温度係数の抵抗を拡散抵抗で形成すると、 a の値を数千 ppm/°C とし、 b の値を

略ゼロとすることができる。また、第2の温度係数の抵抗をポリシリコンで形成するとA及びBの値を略ゼロ値とすることができる。このことから、式13及び14は、

$$R_T \doteq R_0 \{1 + a (T_a - T_0)\} \quad \dots (15)$$

$$R_S \doteq R_0 \quad \dots (16)$$

と近似することができる。

【0059】

以上から、トランジスタ11のコレクタ電流をI3とすると、

$$\begin{aligned} I_3 &= I_2 \cdot R_T / R_0 \\ &= I_0 \cdot a \{ (T_a - T_0) / T_0 \}^3 + I_0 \{ (T_a - T_0) / T_0 \}^2 \end{aligned} \quad \dots (17)$$

が生成される。

【0060】

出力端子20の電流をI_{out}は、電流I3から電流I4を減算して、

$$I_{out} = I_0 \cdot a \{ (T_a - T_0) / T_0 \}^3 \quad \dots (18)$$

を得ることができる。

【0061】

このようにして、2次関数発生回路の出力電流を基にして、周囲温度と基準温度との差の3乗に比例した出力電流を取り出すことができる。

【0062】

図2は、本発明の関数発生回路に係る3次関数発生回路の第2の実施形態を示した図である。

【0063】

図1との違いは、PNPトランジスタ32のベース・コレクタを接地してエミッタにトランジスタ42のベースを接続し、PNPトランジスタ32及び42のエミッタに電流源7の電流ITを印加している点である。尚、ダイオード22は、PNPトランジスタのエミッタをアノードとし、コレクタ、ベースの共通接続部をカソードとして動作させている。

【0064】

このようにして、電流源 7 の電流値に応じた 2 個のトランジスタのベース・エミッタ間電圧をダイオード 2 個の電圧として取り出し、電流源 6 の電流 I_0 の値に応じた 1 個のトランジスタのベース・エミッタ間電圧をダイオード 1 個の電圧として取り出している。

【0065】

図 3 は、本発明の関数発生回路に係る 3 次関数発生回路の第 3 の実施形態を示した図である。

【0066】

図 3 の回路は、周囲温度によらず一定の電流がダイオード 102 から流出するように該ダイオード 102 のカソード端子へ電流を排出するための電流源 106 と、周囲温度と基準温度との差に比例した電流がダイオード 103, 104 で構成されたダイオード列 112 から流出するように該ダイオード列 112 のカソード端子から電流を排出するための電流源 107 とを備えている。両電流源 106, 107 の他端は接地端子に接続される。

【0067】

ここで、2 次関数電流出力回路 118 を備えており、2 次関数電流出力回路 118 は、PNP トランジスタ 108 と、演算増幅器 105 とで構成されている。PNP トランジスタ 108 のコレクタは電流ミラー回路 101 に、PNP トランジスタ 108 のベースはダイオード列 112 のカソード端子にそれぞれ接続されている。演算増幅器 105 は、ダイオード 102 のカソード端子の電圧に等しい電圧を PNP トランジスタ 108 のエミッタに供給するように、電圧フォロアとして機能するものである。したがって、ダイオード列 112 のカソード端子の電圧とダイオード 102 のカソード端子の電圧との差電圧が PNP トランジスタ 108 のベース・エミッタ間に供給されるようになっている。

【0068】

図 3 の回路において、電流源 106 に流入する電流を I_0 とし、電流源 107 に流入する電流を I_T とし、ダイオード 102 のカソード端子の電圧を V_{101} とし、ダイオード列 112 のカソード端子の電圧を V_{102} とする。また、各ダイオード及びトランジスタの飽和電流を I_S とする。このとき、 N の値をダイオード

102の個数1として、

$$V_{101} = N V_T \ln(I_0 / I_S) \quad \dots (19)$$

$$V_{102} = (N+1) V_T \ln(I_T / I_S) \quad \dots (20)$$

$$V_T = k T_a / q \quad \dots (21)$$

である。ここに、 k はボルツマン定数、 q は電子の電荷量である。

【0069】

PNPトランジスタ108のコレクタ電流を I_2 とすると、

$$I_2 = I_S \cdot \exp \{ (V_{101} - V_{102}) / V_T \} \quad \dots (22)$$

である。

【0070】

式(19)、(20)、(21)より、

$$I_2 = I_0 (I_T / I_0)^{N+1} \quad \dots (23)$$

が得られる。

【0071】

ここで、 $T_a < T_0$ ならば、

$$I_T = I_0 \{ |T_a - T_0| / T_0 \} \quad \dots (24)$$

が、成立し、 $T_a \geq T_0$ ならば、

$$I_T = 0 \quad \dots (25)$$

が各々成立するものとする。

【0072】

つまり、電流源107は、周囲温度 T_a が基準温度 T_0 に等しいか又は基準温度 T_0 よりも高い場合にはダイオード列112からの電流の流出を遮断し、周囲温度 T_a が基準温度 T_0 よりも低い場合には周囲温度 T_a が低くなるにつれて増加する電流($T_a - T_0$ に比例した電流) I_T をダイオード列112から排出する。このとき、式(23)、(24)より、 $T_a < T_0$ において、

$$I_2 = I_0 \{ |T_a - T_0| / T_0 \}^{N+1} \quad \dots (26)$$

が得られる。したがって、PNPトランジスタ108のコレクタから流出する電流 I_2 は、 $T_a - T_0$ のべき乗に比例する。 $N=1$ ならば、電流 I_2 は $T_a - T_0$ の2乗に比例する。

【0073】

また、図3の回路において、 $T_a < T_0$ ならば、

$$I_T = 0 \quad \dots (27)$$

が、成立し、 $T_a < T_0$ ならば、

$$I_T = \{ (T_a - T_0) / T_0 \} I_0 \quad \dots (28)$$

が各々成立するものとする、 $T_a \geq T_0$ において、

$$I_2 = I_0 \{ |T_a - T_0| / T_0 \}^{N+1} \quad \dots (29)$$

が得られる。

【0074】

以上のとおり、2次関数電流出力回路118によれば、周囲温度 T_a と基準温度 T_0 との差の2乗に比例した電流をトランジスタ108から取り出すことができる。

【0075】

次に、トランジスタ108のコレクタが、トランジスタ109のコレクタ、ベース及びトランジスタ110、111の各ベースに接続される。トランジスタ110のコレクタは、トランジスタ113のコレクタ、ベース及びトランジスタ114のベースに接続される。トランジスタ111、114のコレクタは共に出力端子20に接続される。

【0076】

ここで、トランジスタ109、110の各エミッタと接地端子間には、第1の温度係数を備えた抵抗115、116が挿入接続される。一方、トランジスタ111と接地端子間には第2の温度係数を備えた抵抗117が挿入接続される。尚、トランジスタ113、114のエミッタは、電源端子に接続される。

【0077】

このようにしてトランジスタ108のコレクタ電流の値に応じた電圧がトランジスタ109～111のベースに発生し、この電圧に応じた電流がトランジスタ110、111のコレクタに流入する。トランジスタ113を介してトランジスタ110のコレクタ電流に応じた値の電流がトランジスタ114のコレクタから流出する。

【0078】

出力端子20には、トランジスタ110のコレクタ電流値とトランジスタ111のコレクタ電流値の差によって与えられる値の電流が生成される。

【0079】

ここで、第1の温度係数の抵抗115, 116が備える抵抗値をRSとし、第2の温度係数の抵抗117が備える抵抗値をRTとする。また、第1の温度係数の一次係数をaとし、二次係数をbとし、このような抵抗を半導体装置によって形成すると、例えば、第1の温度係数の抵抗を拡散抵抗で形成すると、aの値を数千ppm/℃とし、bの値を略ゼロとすることができる。さらに、第2の温度係数の抵抗をポリシリコンで形成すると一次び二次係数の値を略ゼロ値とすることができる。このことから、

$$RT \doteq R0 \{1 + a (Ta - T0)\} \quad \dots (30)$$

$$RS \doteq R0 \quad \dots (31)$$

と近似することができる。

【0080】

以上から、トランジスタ111のコレクタ電流をI4とすると、

$$\begin{aligned} I4 &= I2 \cdot R0 / RT \\ &= -I0 \cdot a \{ (Ta - T0) / T0 \}^3 + I0 \{ (Ta - T0) / T0 \}^2 \end{aligned} \quad \dots (32)$$

と表現される。

【0081】

出力端子20の電流Ioutは、電流I3から電流I4を減算して、

$$Iout = I0 \cdot a \{ (Ta - T0) / T0 \}^3 \quad \dots (33)$$

を得ることができる。

【0082】

このようにして、2次関数発生回路の出力電流を基にして、周囲温度と基準温度との差の3乗に比例した出力電流を取り出すことができる。

【0083】

図4は、本発明の関数発生回路に係る3次関数発生回路の第4の実施形態を示した図である。

【0084】

図3との違いは、NPNトランジスタ132のベース・コレクタを電源端子に接続してエミッタにトランジスタ142のベースを接続し、NPNトランジスタ132及び142のエミッタから電流源107の電流 I_T を流出させている点である。尚、ダイオード122は、NPNトランジスタのエミッタをカソードとし、コレクタ、ベースの共通接続部をアノードとして動作させている。

【0085】

このようにして、電流源107の電流値に応じた2個のトランジスタのベース・エミッタ間電圧をダイオード2個の電圧として取り出し、電流源106の電流 I_0 の値に応じた1個のトランジスタのベース・エミッタ間電圧をダイオード1個の電圧として取り出している。

【0086】

図5は、本発明の関数発生回路に係る3次関数発生回路の第5の実施形態を示した図である。

【0087】

基準温度よりも低い周囲温度において流入電流が生成され、基準温度以上において流出電流が生成される電流源7を備えている。この電流源7の一端をダイオード3、4で構成されたダイオード列12のアノード端と接続し、さらに、ダイオード103、104で構成されたダイオード列112のカソード端に接続する。ここで、基準温度よりも低い温度において、ダイオード列112に電圧が発生し、基準温度以上においてダイオード列12に電圧が発生する。一方、ダイオード2、102には温度に対して一定の電流 I_0 が流れており、温度に対して一定の電圧が発生する。

【0088】

ここで、基準温度よりも低い温度において、ダイオード列112とダイオード102のカソードの差電圧が2次関数電流発生回路118に与えられてトランジスタ108に2次関数電流を生成し、電流ミラー回路101を介して出力端子2

0 に電流を生成する。

【0089】

また、基準温度以上の温度において、ダイオード列 12 とダイオード 2 のアノードの差電圧が 2 次関数電流発生回路 18 に与えられてトランジスタ 8 に 2 次関数電流を生成し、電流ミラー回路 1 を介して出力端子 20 に電流を生成する。

【0090】

このようにして、基準温度を基準にして周囲温度に応じた電流を端子 20 から取り出すことができる。

【0091】

図 6 は、本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 1 の実施形態を示した図である。

【0092】

ここで、2 次関数電流出力回路 18 を構成するトランジスタ 8 のコレクタとトランジスタ 25 のコレクタ、ベース及びトランジスタ 26 のベースと接続する。トランジスタ 25、26 とで電流ミラー回路を形成しており、トランジスタ 26 のコレクタ電流をダイオード 30 と 40 の縦続接続列に印加する。

【0093】

ここで、ダイオード 40 のアノードの電圧をトランジスタ 80 のベースに与え、ダイオード 2 のアノード電圧をトランジスタ 80 のエミッタに与える。

【0094】

図 6 の回路において、電流源 6 から排出される電流を I_0 とし、トランジスタ 26 から排出される電流を I_2 とし、ダイオード 2 のアノード端子の電圧を V_1 とし、ダイオード 30、40 によるダイオード列のアノード端子の電圧を V_3 とする。また、各ダイオード及びトランジスタの飽和電流を I_S とする。このとき、ダイオード 2 の個数を N として、

$$V_1 = N \cdot V_T \ln(I_0 / I_S) \quad \dots (34)$$

$$V_3 = (N+1) V_T \ln(I_2 / I_S) \quad \dots (35)$$

$$V_T = k T_a / q \quad \dots (36)$$

である。ここに、 k はボルツマン定数、 q は電子の電荷量である。

【0095】

NPNトランジスタ80のコレクタ電流を I_{out1} とすると、

$$I_{out1} = I_S \cdot \exp \{ (V_3 - V_1) / V_T \} \quad \dots (37)$$

である。

【0096】

式(34)、(35)、(36)及び $N=1$ より、

$$\begin{aligned} I_{out1} &= I_0 (I_2 / I_0)^2 \\ &= I_0 (T_a - T_0)^4 \end{aligned} \quad \dots (38)$$

が得られる。

【0097】

ここで、 $T_a \geq T_0$ ならば、

$$I_T = I_0 \{ (T_a - T_0) / T_0 \} \quad \dots (39)$$

が、成立し、 $T_a < T_0$ ならば、

$$I_T = 0 \quad \dots (40)$$

が各々成立するものとする。

【0098】

このとき、 $T_a \geq T_0$ において、

$$I_{out1} = I_0 (T_a - T_0)^4 \quad \dots (41)$$

が得られる。

【0099】

したがって、NPNトランジスタ80のコレクタに吸収される電流 I_{out1} は、 $T_a - T_0$ のべき乗に比例する。 $N=1$ ならば、電流 I_{out1} は $T_a - T_0$ の4乗に比例する。

【0100】

図7は、本発明の関数発生回路に係る4次関数発生回路の第2の実施形態を示した図である。

【0101】

図6との違いは、PNPトランジスタ33のベース・コレクタを接地してエミッタにトランジスタ43のベースを接続し、PNPトランジスタ33のエミッタ

にトランジスタ 26 の電流 I_2 を印加し、PNP トランジスタ 43 のエミッタにトランジスタ 27 の電流 I_2 を印加している点である。

【0102】

このようにして、トランジスタ 26, 27 の電流値に応じた 2 個のトランジスタのベース・エミッタ間電圧をダイオード 2 個の電圧として取り出し、電流源 6 の電流 I_0 の値に応じた 1 個のトランジスタのベース・エミッタ間電圧をダイオード 1 個の電圧として取り出している。

【0103】

図 8 は、本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 3 の実施形態を示した図である。

【0104】

図 8 の回路は、周囲温度によらず一定の電流がダイオード 102 から流出するように該ダイオード 102 のカソード端子から電流を排出するための電流源 106 と、周囲温度と基準温度との差に比例した電流がダイオード 103, 104 で構成されたダイオード列 112 から流出するように該ダイオード列 112 のカソード端子から電流を排出するための電流源 107 とを備えている。両電流源 106, 107 の他端は接地端子に接続される。

【0105】

ここで、2 次関数電流発生回路 118 を備えており、2 次関数電流発生回路 118 は、PNP トランジスタ 108 と、演算増幅器 105 とで構成されている。PNP トランジスタ 108 のコレクタは電流ミラー回路に接続され、PNP トランジスタ 108 のベースはダイオード列 112 のカソード端子にそれぞれ接続されている。演算増幅器 105 は、ダイオード 102 のカソード端子の電圧に等しい電圧を PNP トランジスタ 108 のエミッタに供給するように、電圧フォロアとして機能するものである。したがって、ダイオード列 112 のカソード端子の電圧とダイオード 102 のカソード端子の電圧との差電圧が PNP トランジスタ 108 のベース・エミッタ間に供給されるようになっている。

【0106】

2 次関数電流発生回路 118 によれば、周囲温度 T_a と基準温度 T_0 との差の

2 乗に比例した電流をトランジスタ 108 の出力端子から排出することができる。

【0107】

ここで、2 次関数電流発生回路 118 を構成するトランジスタ 108 のコレクタとトランジスタ 125 のコレクタ、ベース及びトランジスタ 126 のベースと接続する。トランジスタ 125, 126 とで電流ミラー回路を形成しており、トランジスタ 126 のコレクタ電流をダイオード 130 と 140 の縦続接続列に印加する。

【0108】

ここで、ダイオード 140 のカソードの電圧をトランジスタ 208 のベースに与え、ダイオード 102 のカソード電圧をトランジスタ 208 のエミッタに与える。

【0109】

このようにして、PNP トランジスタ 208 のコレクタを通過する電流 I_{out2} は、 $(T_a - T_0)$ のべき乗に比例する。 $N = 1$ ならば、電流 I_{out1} は $(T_a - T_0)$ の 4 乗に比例する。

【0110】

図 9 は、本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 4 の実施形態を示した図である。

【0111】

基準温度よりも低い周囲温度において流入電流が生成され、基準温度以上において流出電流が生成される電流源 207 を備えている。この電流源の一端をダイオード 3, 4 で構成されたダイオード列 12 のアノード端と接続し、さらに、ダイオード 103, 104 で構成されたダイオード列 112 のカソード端に接続する。ここで、基準温度よりも低い温度において、ダイオード列 112 に電圧が発生し、基準温度以上においてダイオード列 12 に電圧が発生する。一方、ダイオード 2, 102 には温度に対して一定の電流 I_0 が流れており、温度に対して一定の電圧が発生する。

【0112】

ここで、基準温度よりも低い温度において、ダイオード列 112 とダイオード 102 のカソードの差電圧が 2 次関数電流発生回路 118 に与えられてトランジスタ 108 に 2 次関数電流を生成する。この電流が、トランジスタ 125, 126 を介してダイオード 130, 140 に流れ、ダイオード 140 のカソードに電圧を生成する。この電圧をトランジスタ 208 のベースに与え、一方、ダイオード 102 に生成した電圧をトランジスタ 208 のエミッタに与えることによって、トランジスタ 208 のコレクタから、温度の変化の 4 乗に比例した電流が流出する。

【0113】

一方、基準温度以上において、ダイオード列 12 とダイオード 2 のアノードの差電圧が 2 次関数電流出力回路 18 に与えられてトランジスタ 8 に 2 次関数電流を生成する。この電流が、トランジスタ 25, 26 を介してダイオード 30, 40 に流れ、ダイオード 40 のアノードに電圧を生成する。この電圧をトランジスタ 80 のベースに与え、一方、ダイオード 2 に生成した電圧をトランジスタ 80 のエミッタに与える。これによって、トランジスタ 80 のコレクタには、温度の変化の 4 乗に比例した電流が流入する。

【0114】

トランジスタ 80 及びトランジスタ 208 のコレクタを端子 20 に接続して、端子 20 に、温度の変化の 4 乗に比例する電流を取り出すことができる。

【0115】

尚、トランジスタ 80, 208 の各コレクタと端子 20 との間には電流ミラー回路を挿入接続することができる。

【0116】

図 10 は、本発明の関数発生回路に係る 5 次関数発生回路の第 1 の実施形態を示した図である。

【0117】

トランジスタ 80 のコレクタ電流 I_4 には、図 6 における I_{out1} の電流が流れる。トランジスタ 80 のコレクタは電流ミラー回路 1 のトランジスタ 9 のコレクタ、ベースに接続されており、このコレクタ電流 I_4 に対して端子 20 の電

流 I_{out} は、1次元高い5次関数の電流が出力される。

【0118】

つまり、電流 I_4 が、

$$I_4 = I_0 (T_a - T_0)^4 \quad \dots (42)$$

であると、トランジスタ17のコレクタ電流 I_5 とトランジスタ16のコレクタ電流 I_6 との差電流として端子20の電流 I_{out} は、

$$I_{out} = I_0 \cdot a (T_a - T_0)^5 \quad \dots (43)$$

として与えられる。

【0119】

図11は、本発明の関数発生回路に係る5次関数発生回路の第2の実施形態を示した図である。

【0120】

トランジスタ208のコレクタ電流 I_4 には、図8における I_{out2} の電流が流れる。トランジスタ208のコレクタは、図3における電流ミラー回路101のトランジスタ109のコレクタ、ベースに接続されており、このコレクタ電流 I_4 に対して端子20の電流 I_{out} は、1次元高い5次関数の電流が出力される。

【0121】

電流 I_4 が、

$$I_4 = I_0 (T_a - T_0)^4 \quad \dots (44)$$

であると、トランジスタ111のコレクタ電流 I_5 とトランジスタ114のコレクタ電流 I_6 との差電流として端子20の電流 I_{out} は、

$$I_{out} = I_0 \cdot a (T_a - T_0)^5 \quad \dots (45)$$

として与えられる。

【0122】

図12は、本発明の関数発生回路に係る5次関数発生回路の第3の実施形態を示した図である。

【0123】

基準温度よりも低い周囲温度において流入電流が生成され、基準温度以上にお

いて流出電流が生成される電流源 107 を備えている。この電流源の一端をダイオード 3, 4 で構成されたダイオード列 12 のアノード端と接続し、さらに、ダイオード 103、104 で構成されたダイオード列 112 のカソード端に接続する。ここで、基準温度よりも低い温度において、ダイオード列 112 に電圧が発生し、基準温度以上においてダイオード列 12 に電圧が発生する。一方、ダイオード 2, 102 には温度に対して一定の電流 I_0 が流れており、温度に対して一定の電圧が発生する。

【0124】

ここで、基準温度よりも低い温度において、ダイオード列 112 とダイオード 102 のカソードの差電圧が 2 次関数電流発生回路 118 に与えられてトランジスタ 108 に 2 次関数電流を生成する。この電流が、トランジスタ 125, 126 を介してダイオード 130, 140 に流れ、ダイオード 140 のカソードに電圧を生成する。この電圧をトランジスタ 208 のベースに与え、一方、ダイオード 102 に生成した電圧をトランジスタ 208 のエミッタに与えることによって、トランジスタ 208 のコレクタから、温度の変化の 4 乗に比例した電流を出力する。

【0125】

ここで、トランジスタ 208 のコレクタは電流ミラー回路 101 のトランジスタ 109 のコレクタ、ベースに接続されており、このコレクタ電流 I_4 に対して端子 20 の電流 I_{out} は、1 次元高い 5 次関数の電流が出力される。

【0126】

一方、基準温度以上において、ダイオード列 12 とダイオード 2 のカソードの差電圧が 2 次関数電流出力回路 18 に与えられてトランジスタ 8 に 2 次関数電流を生成する。この電流が、トランジスタ 25, 26 を介してダイオード 30, 40 に流れ、ダイオード 40 のアノードに電圧を生成する。この電圧をトランジスタ 80 のベースに与え、一方、ダイオード 2 に生成した電圧をトランジスタ 80 のエミッタに与える。これによって、トランジスタ 80 のコレクタには、温度の変化の 4 乗に比例した電流を生成する。

【0127】

ここで、トランジスタ 80 のコレクタは電流ミラー回路 1 のトランジスタ 9 のコレクタ、ベースに接続されており、このコレクタ電流 I_4 に対して端子 20 の電流 I_{out} は、1 次元高い 5 次関数の電流が出力される。

【0128】

図 13 は、本発明の温度補償型水晶発振器の第 1 の実施形態を示した図である。図 13 の構成は、コントローラ 510 と、0 次関数発生回路 500 と、1 次関数発生回路 501 と、3 次関数発生回路 503 と、5 次関数発生回路 505 と、2 本の抵抗 511、512 と、可変容量ダイオード 513 と、水晶発振回路 520 とを備えている。

【0129】

ここで、3 次関数発生回路 503 は、図 5 の構成を用い、5 次関数発生回路 505 は、図 12 の構成を用いている。コントローラ 510 は、フリップフロップで構成された 1 つのシフトレジスタであって、シリアルデータ信号 D_{in} 及びシフトクロック信号 CLK の入力を受け、

$$V_{in} = -A(T_a - T_0)^5 - B(T_a - T_0)^3 + C(T_a - T_0) + D \quad \dots (46)$$

を示す式中の定数 A 、 B 、 C 、 D 及び T_0 を示す信号を供給するものである。

信号 A 、 B 、 C 、 D 及び T_0 は各々ビット信号である。

【0130】

1 次関数発生回路 501 は、周囲温度 T_a によらず一定の電流を排出する電流源 6 の機能と、周囲温度 T_a によらず一定の電流を吸収する電流源 106 の機能と、 $T_a \geq T_0$ の場合には $T_a - T_0$ に比例した電流を排出しかつ $T_a < T_0$ の場合には $|T_a - T_0|$ に比例した電流を吸収する電流源 207 の機能と、 $T_a \geq T_0$ の場合には $T_a - T_0$ に比例した電流を排出しかつ $T_a < T_0$ の場合には $|T_a - T_0|$ に比例した電流を吸収する電流源の機能とを兼ね備えたものである。

【0131】

電流源 6、207、106 に接続された 3 次関数発生回路 503 は、前記の通り、 $T_a \geq T_0$ において $T_a - T_0$ の 3 乗に比例した電流を吸収し、かつ $T_a < T_0$ において $|T_a - T_0|$ の 3 乗に比例した電流を排出する。

【0132】

図13中の I_{out3} は、3次関数発生回路503の2極性の出力電流を表わしている。0次関数発生回路500は、信号Dの入力を受け、周囲温度 T_a によらず一定の電圧 V_c を発生するものである。2本の抵抗511、512と可変容量ダイオード513との直列接続回路は、1次関数発生回路501の1つの機能である電流源の出力電流 I_{Ta} と、3次関数発生回路503の出力電流 I_{out3} との和を電圧に変換し、かつ該変換により得られた電圧と0次関数発生回路500の出力電圧 V_c との和を水晶発振回路520に補償電圧 V_{in} として供給するための手段を構成するものである。この補償電圧 V_{in} は、前記の式(46)で与えられる。 V_{out} は、水晶発振回路520の出力電圧である。

【0133】

図14は、本発明の温度補償型水晶発振器の第2の実施形態を示した図である。図14の構成は、図13の構成に4次関数発生回路504及びN次関数発生回路507を追加した構成である。

【0134】

ここで、4次関数発生回路504は、図9の構成を用いている。また、Nの値が7の場合の7次関数発生回路は、図5の3次関数発生回路を縦続接続して出力電流を後段の電流源7の電流 I_T として印加することで後段の出力端子から出力される。

【0135】**【発明の効果】**

水晶発振器の高精度の温度補償において、ダイオードを用いた3次以上の次数の関数発生回路を3次よりも低い次数のダイオードを駆動する電圧によって駆動することができる。

【0136】

さらに、携帯電話機を代表とする携帯機器の消費電力を削減するために、低電圧で動作する関数発生回路および発振器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明に係る関数発生回路の構成例を示す回路図

【図 2】

本発明の関数発生回路に係る 3 次関数発生回路の第 2 の実施形態を示した図

【図 3】

本発明の関数発生回路に係る 3 次関数発生回路の第 3 の実施形態を示した図

【図 4】

本発明の関数発生回路に係る 3 次関数発生回路の第 4 の実施形態を示した図

【図 5】

本発明の関数発生回路に係る 3 次関数発生回路の第 5 の実施形態を示した図

【図 6】

本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 1 の実施形態を示した図

【図 7】

本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 2 の実施形態を示した図

【図 8】

本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 3 の実施形態を示した図

【図 9】

本発明の関数発生回路に係る 4 次関数発生回路の第 4 の実施形態を示した図

【図 10】

本発明の関数発生回路に係る 5 次関数発生回路の第 1 の実施形態を示した図

【図 11】

本発明の関数発生回路に係る 5 次関数発生回路の第 2 の実施形態を示した図

【図 12】

本発明の関数発生回路に係る 5 次関数発生回路の第 3 の実施形態を示した図

【図 13】

本発明の温度補償型水晶発振器の第 1 の実施形態を示した図

【図 14】

本発明の温度補償型水晶発振器の第 2 の実施形態を示した図

【図 15】

従来の関数発生回路を示す図

【図 16】

従来の関数発生回路を示す図

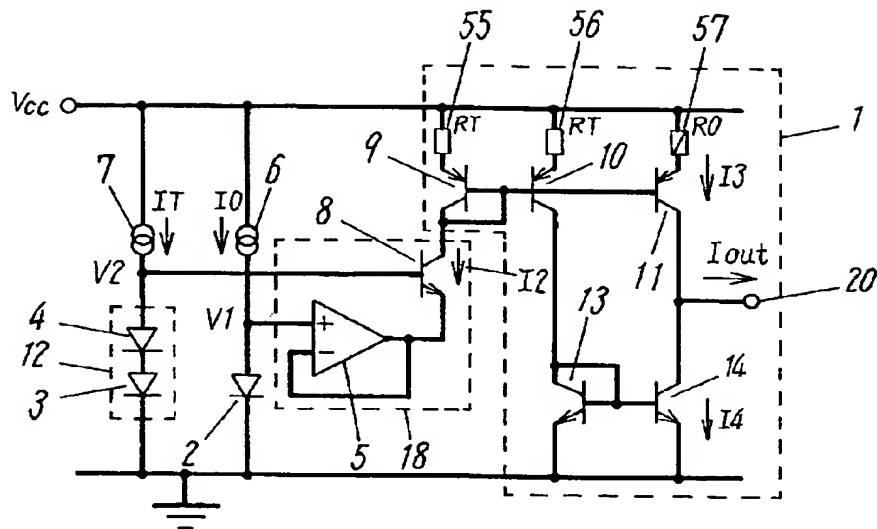
【符号の説明】

- 1 電流ミラー回路
- 2～4 ダイオード
- 5 演算増幅器
- 6, 7 電流源
- 8、9、10、11 トランジスタ
- 12 ダイオード列
- 13, 14 トランジスタ
- 16 電流源
- 18 2次関数電流出力回路
- 19, 20 出力端子
- 22 ダイオード
- 25～27 トランジスタ
- 30 ダイオード
- 32、33 トランジスタ
- 40 ダイオード
- 42、43 トランジスタ
- 55～57 抵抗
- 61～64 ダイオード列
- 80 トランジスタ
- 101 ミラー回路
- 102、103、104 ダイオード
- 105 演算増幅器
- 106, 107 電流源
- 108～111 トランジスタ
- 112 ダイオード列
- 113、114 トランジスタ

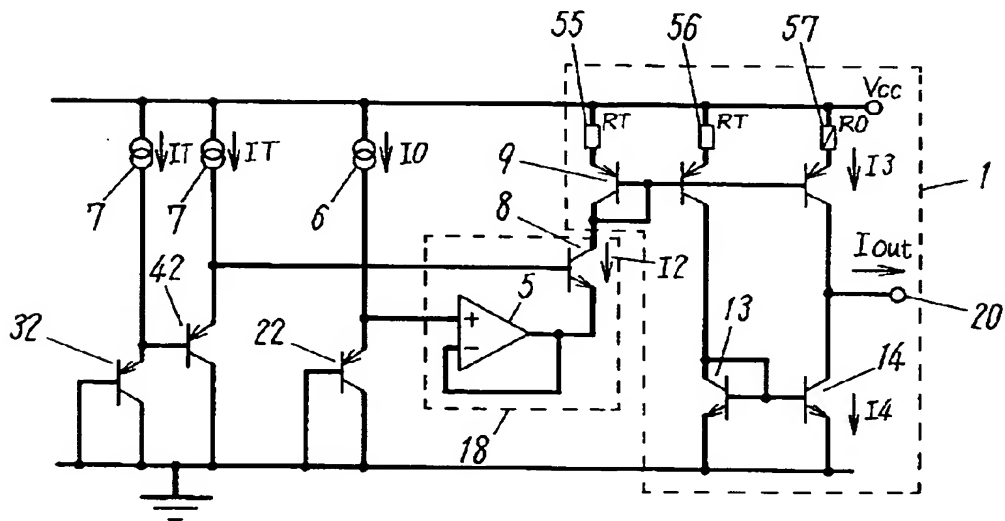
1 1 5 ~ 1 1 7 抵抗
1 1 8 2 次関数電流発生回路
1 2 2 ダイオード
1 2 5, 1 2 6 トランジスタ
1 3 0, 1 4 0 ダイオード
1 3 2, 1 4 2 トランジスタ
2 0 8 トランジスタ
3 1 0 0 次関数発生回路
3 2 0 1 次関数発生回路
3 3 0 3 次関数発生回路
3 4 0 可変容量ダイオード
4 0 0 水晶発振回路
5 0 0 0 次関数発生回路
5 0 1 1 次関数発生回路
5 0 3 3 次関数発生回路
5 0 5 5 次関数発生回路
5 1 1, 5 1 2 抵抗
5 1 3 ダイオード
5 2 0 水晶発振回路

【書類名】 図面

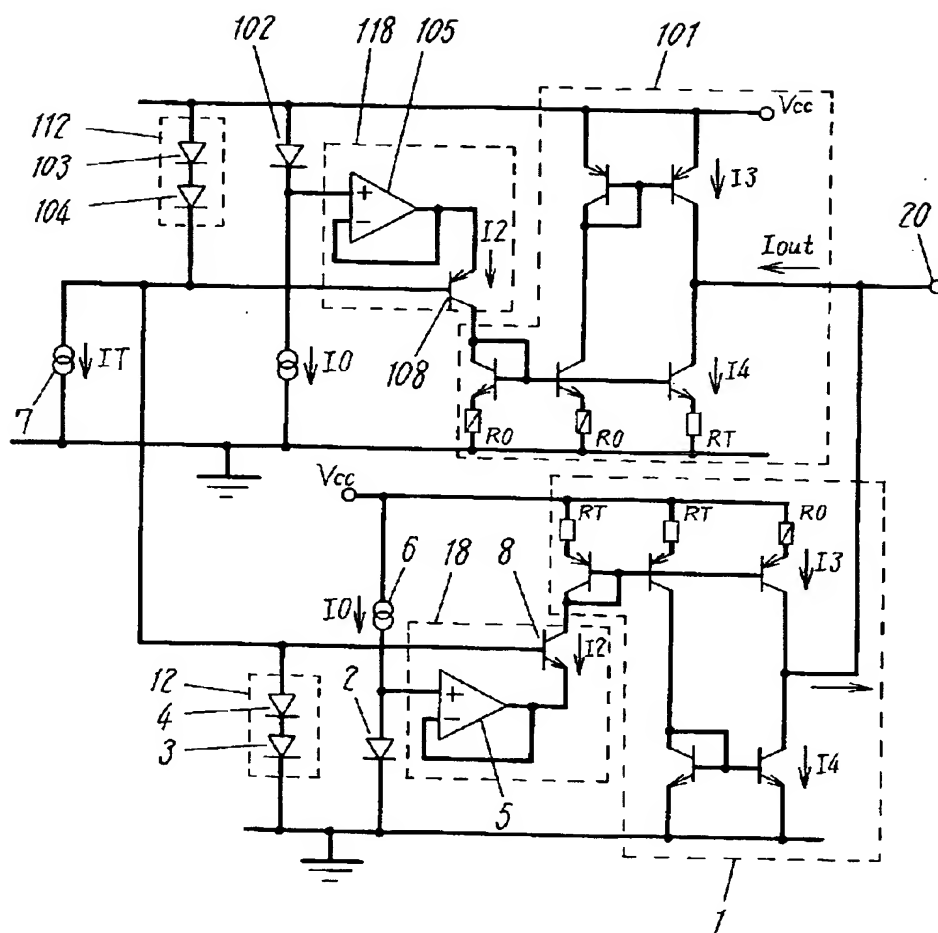
【図 1】



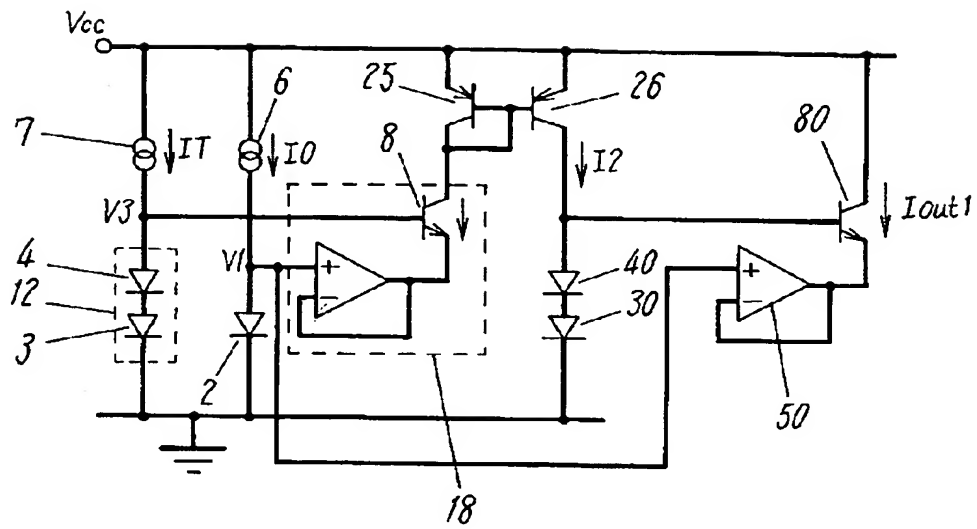
【図 2】



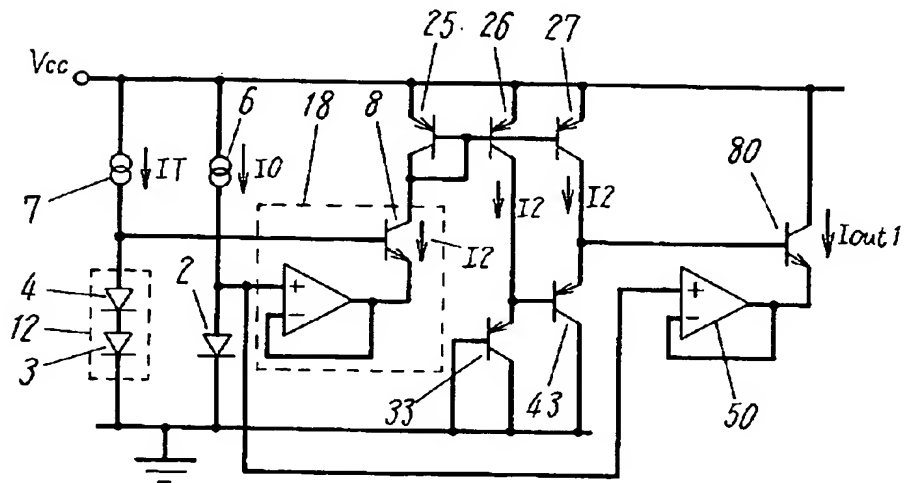
【図 5】



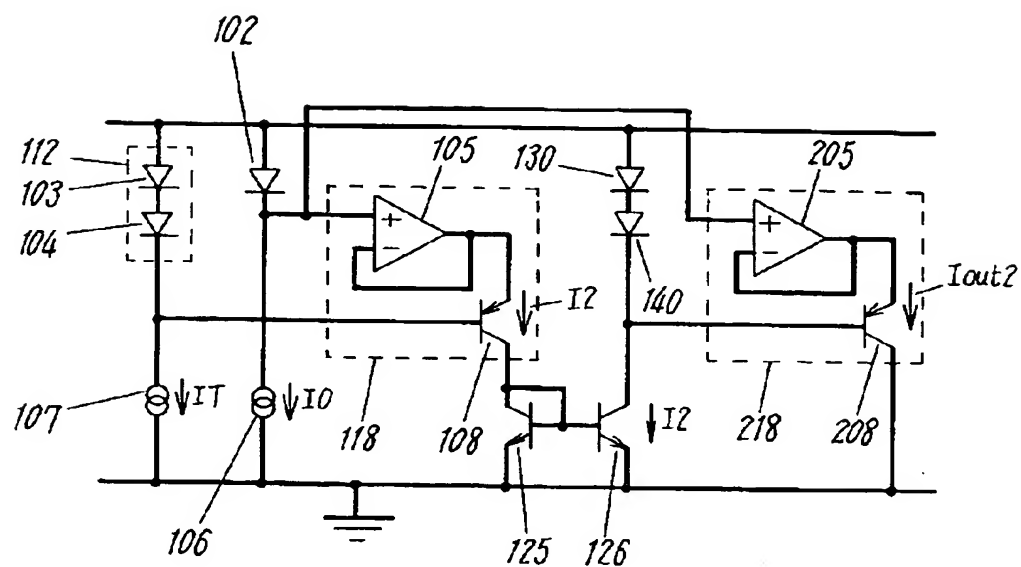
【図 6】



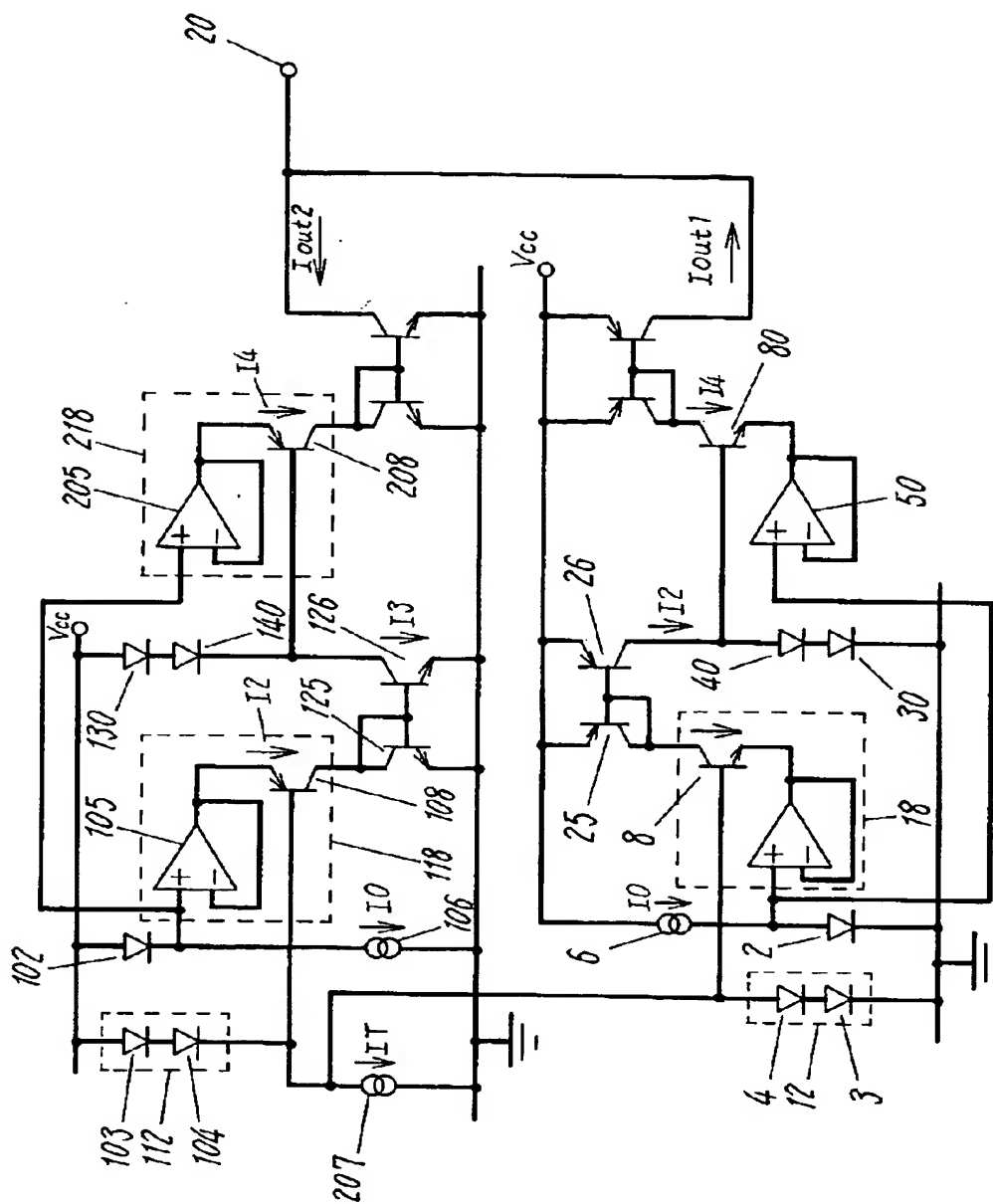
【図 7】



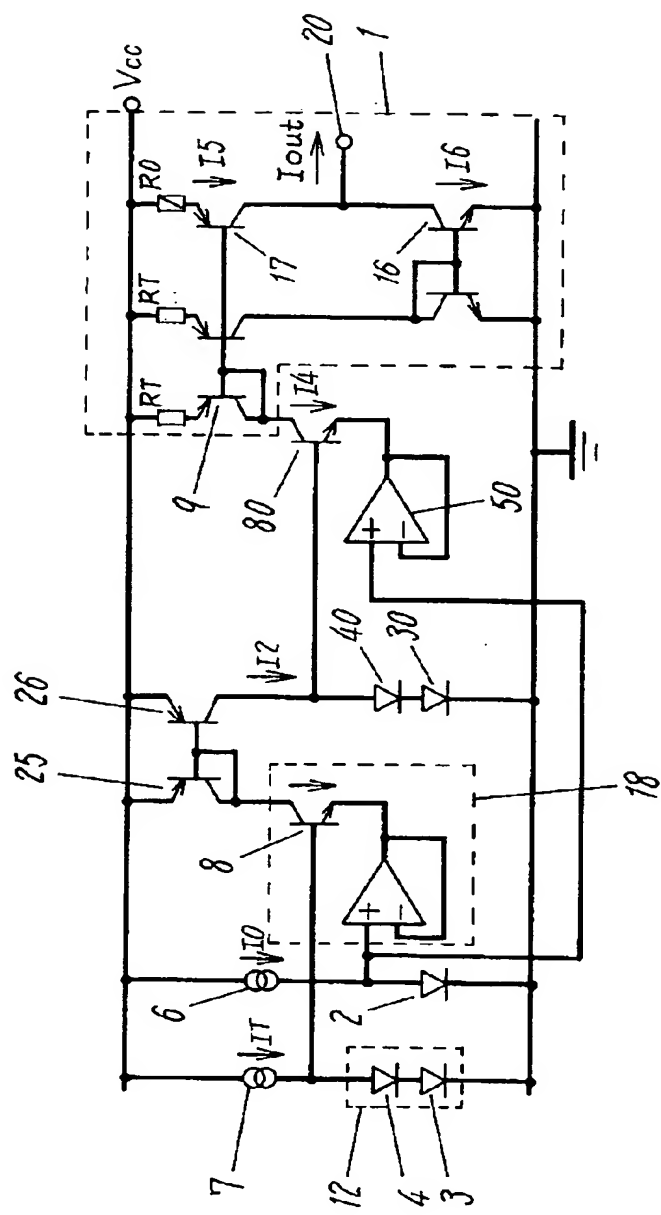
【図 8】



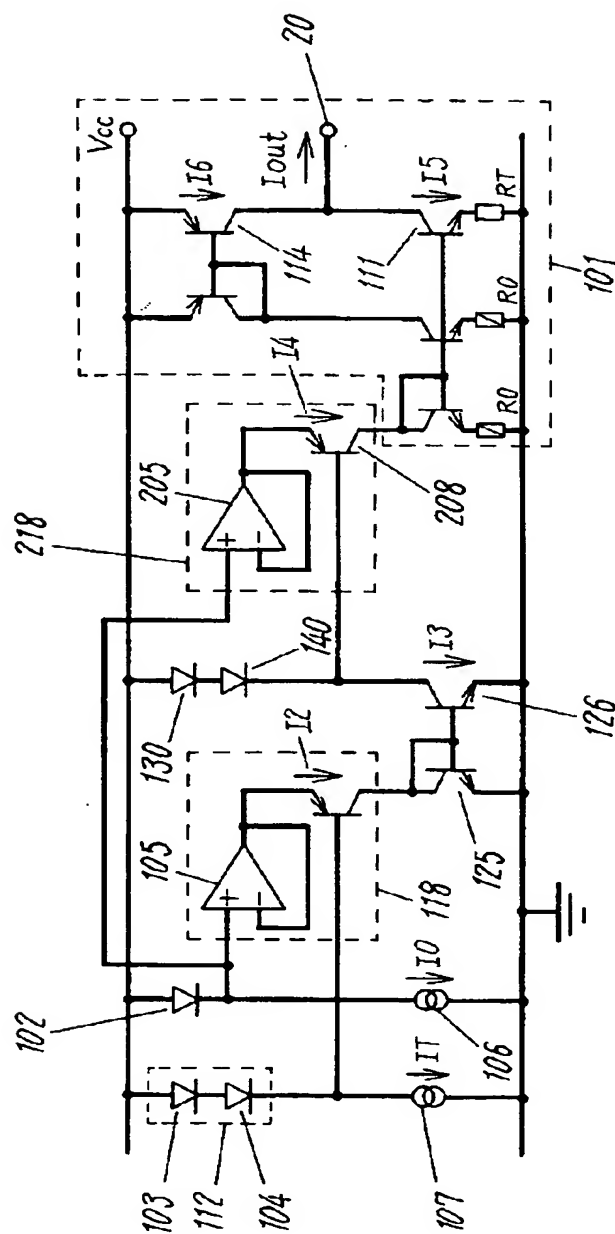
【図 9】



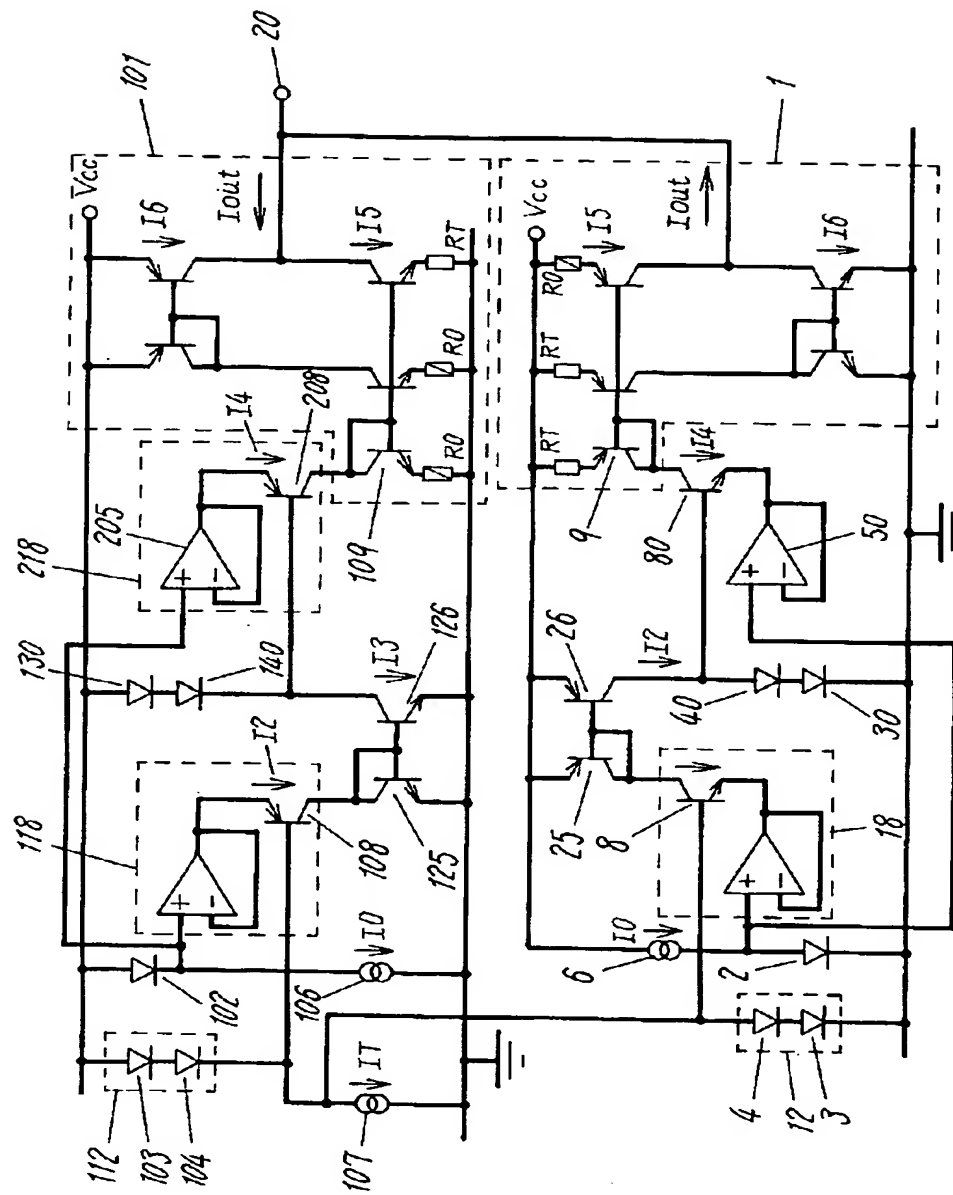
【図10】



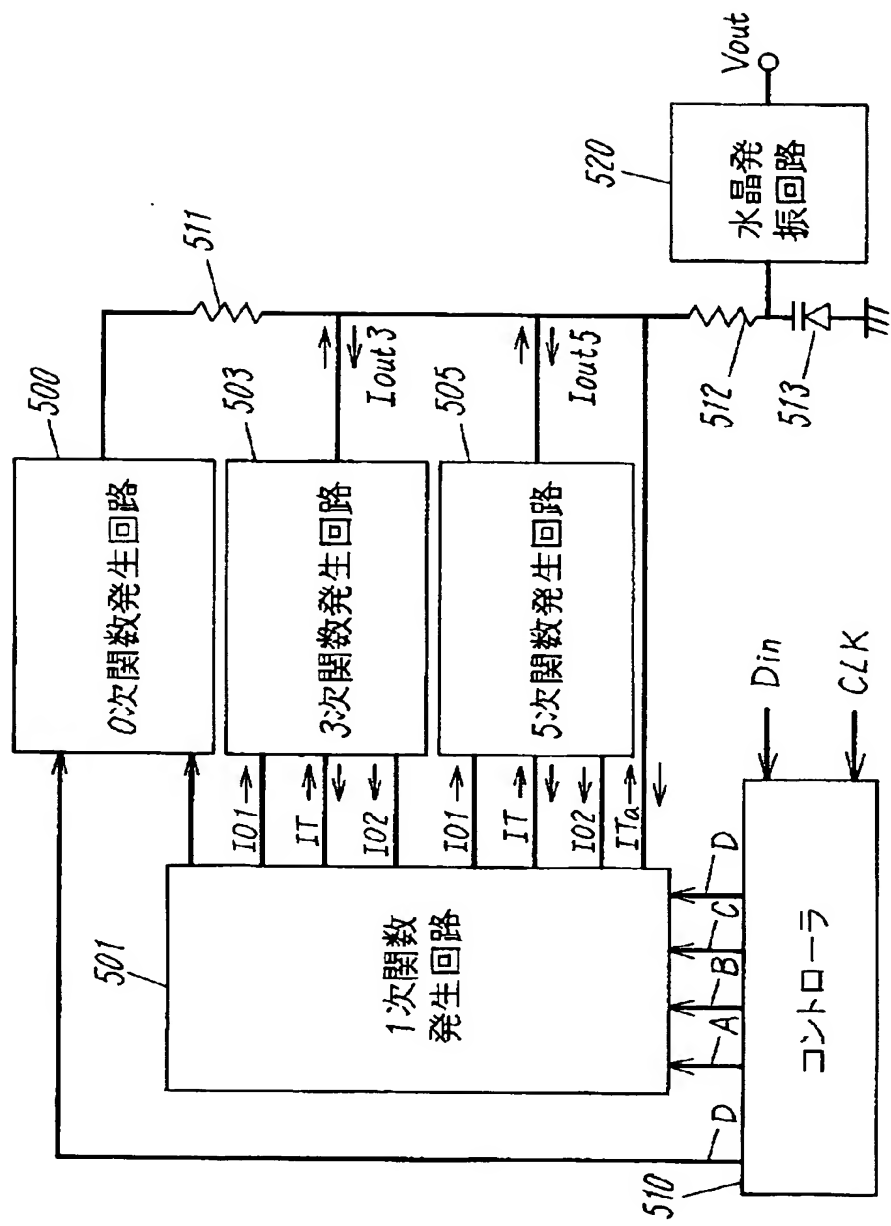
【図 1 1】



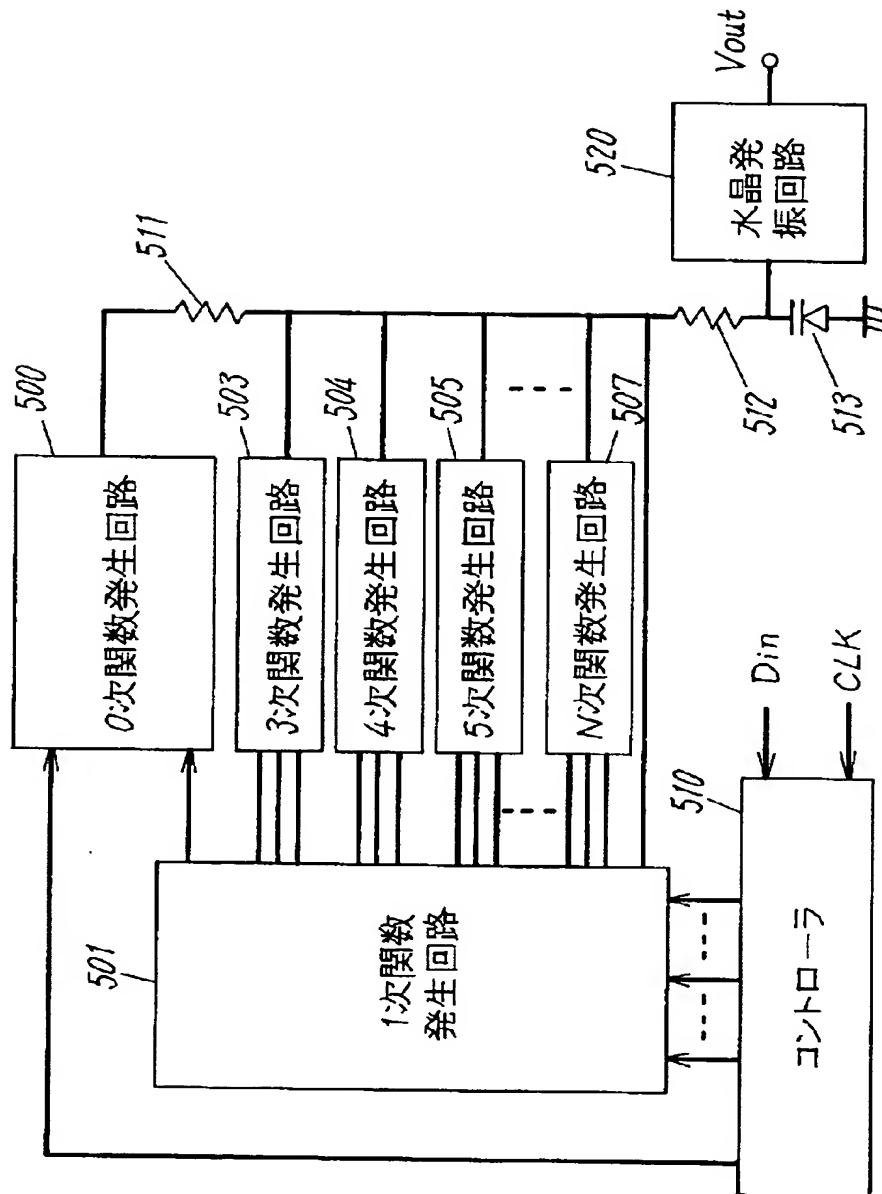
【図 12】



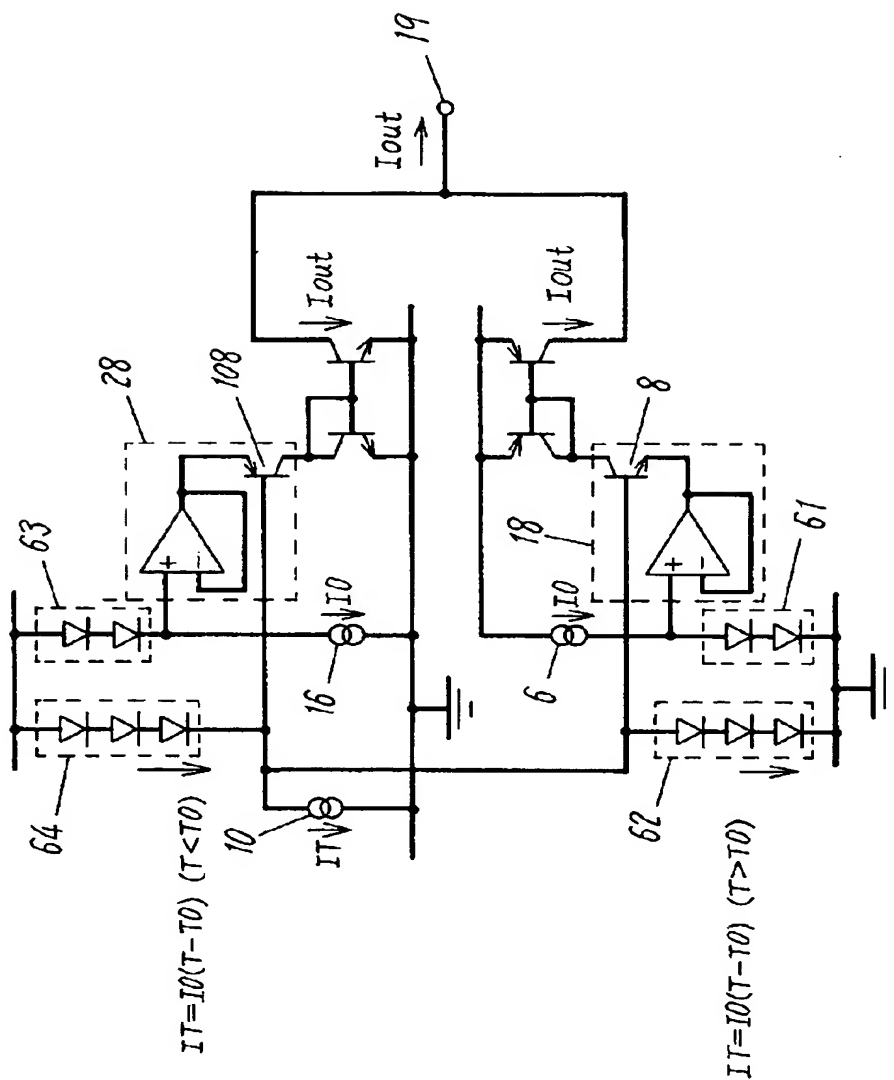
【図 13】



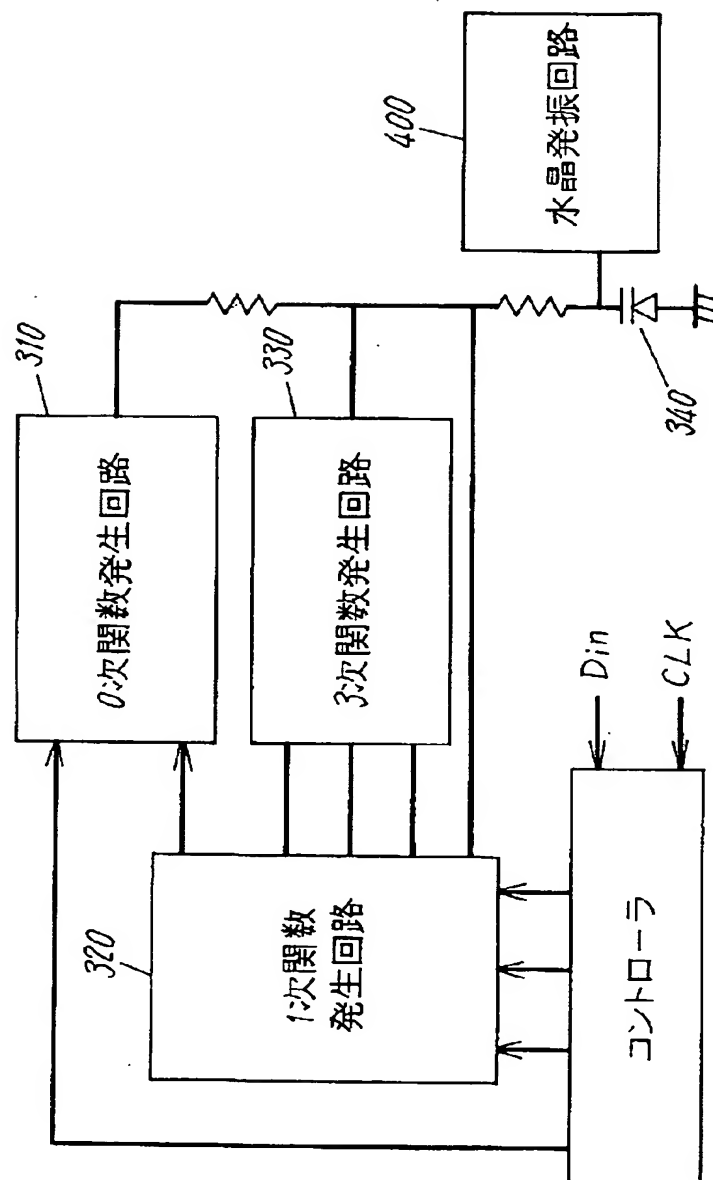
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低電圧で動作する関数発生回路および発振器を提供すること。

【解決手段】 温度の変動に対して 2 乗関数の電流を生成する第 1 のトランジスタ 8 と、2 個のベース・エミッタ間にこの 2 乗関数の電流が印加された電圧と 1 個のベース・エミッタ間の固定電圧との差電圧をベース・エミッタ間に与えてコレクタ電流を生成する第 2 のトランジスタ 80 と、第 2 のトランジスタ 80 のコレクタ電流を 1 次温度係数で支配された抵抗に与えて発生した電圧を温度変動に対して一定値である他の抵抗に印加して、この抵抗を通過する電流に応じた電流から温度に対して 5 乗関数の電流を出力する。

【選択図】 図 10

特願 2 0 0 3 - 0 4 1 1 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社